



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer:

**0 233 357  
A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 86117610.5

51 Int. Cl.4: **G01B 5/30**, **B60C 23/06**,  
**G01M 17/02**

22 Anmeldetag: 17.12.86

30 Priorität: 19.12.85 DE 3544893

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
26.08.87 Patentblatt 87/35

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE DE FR GB IT LU NL SE**

71 Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT  
ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V.**  
Leonrodstrasse 54  
D-8000 München 19(DE)

72 Erfinder: Neugebauer, Jürgen, Dipl.-Ing.  
Weyprechtstrasse 10  
D-6100 Darmstadt(DE)  
Erfinder: Diefenbach, Walter  
Eichendorffstrasse 36  
D-6103 Griesheim(DE)  
Erfinder: Grubisic, Vatroslav, Dr.-Ing.  
Zum Stetteritz 1  
D-6107 Reinheim 4(DE)

74 Vertreter: Kraus, Walter, Dr. et al  
Patentanwälte Kraus, Weisert & Partner  
Thomas-Wimmer-Ring 15  
D-8000 München 22(DE)

54 Verfahren und Verwendung eines Messwertaufnehmers zur Messung der globalen Verformung eines Reifens.

57 Zur Ermittlung der vertikalen und lateralen Verformungen eines Reifens (1) erfaßt man in einer Querschnittsebene des Reifens die Verschiebungen eines für dessen Verformungsverhalten repräsentativen Punktes [Meßpunkt] (7) relativ zu zwei an der Felge (2) oder in ihrer Nähe befindlichen Fixpunkten (3,4). Als Meßpunkt (7) wählt man eine Stelle im Bereich der Innenkontur des Reifens, vorzugsweise in der Mitte der Innenseite der Lauffläche (8). Zwischen dem Meßpunkt (7) einerseits und den Fixpunkten (3,4) andererseits ist je ein Meßwertaufnehmer (12,13) beweglich angeordnet. Jeder der beiden Meßwertaufnehmer (12,13) besteht aus einem Kraftmeßelement (14) und einem linear elastischen Glied (15), so daß die Kraftmeßelemente (14) ein dem Weg des Meßpunktes (7) direkt proportionales Meßsignal abgeben.

Das Meßverfahren kann sowohl bei statischer Belastung des Reifens als auch im Fahrbetrieb angewendet werden. Falls eine Bewegung des Meßpunktes (7) auch in Laufrichtung des Rades (1) erfaßt werden soll, ordnet man am Meßpunkt (7) einen weiteren Meßwertaufnehmer an und verbindet diesen mit einem zusätzlichen Fixpunkt, der an der Felge (2) außerhalb einer durch die Fixpunkte (3,4) sowie den Meßpunkt (7) gelegt gedachten Ebene gewählt wird.

## Verfahren und Verwendung eines Meßwertaufnehmers zur Messung der globalen Verformung eines Reifens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung der globalen Verformung eines Reifens auch während des Fahrbetriebs, in dem man die in einer Querschnittsebene des Reifens auftretende Abstandsänderung zwischen einem für das Verformungsverhalten repräsentativen Meßpunkt des Reifens relativ zu einem an der Felge befindlichen Fixpunkt erfaßt, wobei sich der Meßpunkt und der Fixpunkt innerhalb des Reifens befinden und wobei die Abstandsänderungen mittels eines Meßwertaufnehmers erfaßt werden.

Außerdem betrifft die Erfindung die Verwendung eines Meßwertaufnehmers, insbesondere zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens, der aus einer Reihenanordnung eines Kraftmeßelements mit einem elastischen Glied gebildet ist.

Die Steifigkeitseigenschaften eines Reifens, d.h. seine vertikale und laterale Federrate, spielen für den Fahrkomfort, die Handling-Eigenschaften und die Lebensdauer des Reifens eine wichtige Rolle. Für die Gestaltung eines Reifens ist es deshalb erforderlich, seine vertikale und laterale Verformung auch im Fahrbetrieb bis hin zu hohen Geschwindigkeiten zu erfassen.

Aus dem Buch "Mechanics of Pneumatic Tires" von H.C.A. van Eldik Thieme, U.S. Department of Transportation DOT HS 805952, August 1981, Seite 577 ist ein Verfahren der eingangs genannten Art bekannt, bei dem man ein unter Federzug stehendes flexibles Seil mit einem Ende in der Mitte der Innenseite der Reifenlauffläche und mit seinem anderen Ende an einem an der Felge angeordneten Potentiometer befestigt. Eine vertikale Verformung des Reifens bewirkt über das Seil eine Potentiometer-Verstellung, d.h. eine Veränderung des abgreifbaren Widerstandswertes, die als Meßwert für die Reifendeformation dienen soll. Diese Anordnung hat den Nachteil, daß mit ihr nur die vertikalen, nicht aber auch die lateralen Verformungen gemessen werden können. Die Meßergebnisse werden jedoch durch die überlagerten lateralen Verformungen beeinflusst.

Weiter ist in der DE-OS 33 01 173 eine Vorrichtung zur Ermittlung der Gürtellagen bei Fahrzeugluftreifen beschrieben, die einen durch den Gürtel verstimmbaren elektrischen Schwingkreis und eine von diesem Schwingkreis abhängige Anzeigeeinrichtung aufweist, wobei der Schwingkreis in Abhängigkeit vom Winkelanstieg der Gürtelfestigkeitsträger beeinflussbar ist. Mit dieser Vorrichtung wird nur die richtige Lage der Stahldrähte der Gürtellagen bei der Reifenherstellung geprüft. Hierbei handelt es sich um eine Qua-

litätskontrolle, die deswegen notwendig ist, weil nachgeprüft werden muß, ob der hinsichtlich des Einfügens der Gürtellagen weitgehend in Handarbeit hergestellte Fahrzeugreifen richtig zusammengebaut worden ist, da es sehr unvorteilhaft ist, wenn bei der Fertigung Gürtellagen seitlich verrutschen.

Aus der DE-OS 31 37 248 ist ein Verfahren zur Vorhersage einer Reifenvariablen bekannt, bei dem eine Rotation eines Reifens relativ zu einer ersten Meßeinrichtung durchgeführt und das seitliche Auswandern auf einer Seite des Reifens mit der ersten Meßeinrichtung in einer Stellung zwischen dem Bereich seiner maximalen Querschnittsbreite und seiner äußeren Radialfläche gemessen wird. Ferner wird eine Rotation des Reifens relativ zu einer zweiten Meßeinrichtung durchgeführt, und das seitliche Auswandern auf der anderen Seite des Reifens wird mit der zweiten Meßeinrichtung in einer zweiten Stellung, die allgemein den gleichen Radius wie die erstgenannte Stellung hat, gemessen. Um die Größe der Reifenvariablen zu erhalten, werden die ersten harmonischen Werte für die Auswanderungen in jeder Stellung bestimmt und für entsprechende Umfangsstellen um den Reifen herum addiert. In diesem bekannten Verfahren wird nur das seitliche Auswandern des Reifens von außen abgetastet, so daß nur Stellen an der Reifenseitenwand, nicht jedoch an der Reifenlauffläche erfaßt werden können. Außerdem sind die beiden Meßeinrichtungen ortsfest, während sich der Reifen relativ zu denselben dreht, so daß infolgedessen kein relativ zur Felge ortsfestes Meßsystem vorhanden ist.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, daß damit sowohl die vertikale als auch die laterale Verformung des Reifens ermittelt werden können, und zwar auch während des Fahrbetriebs und den dabei auftretenden hohen Geschwindigkeiten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß man die in der Querschnittsebene des Reifens auftretenden vertikalen und lateralen Verschiebungen des Meßpunkts relativ zu zwei an der Felge oder in ihrer Nähe befindlichen Fixpunkten erfaßt, die sich beide innerhalb des Reifens befinden und mit dem Meßpunkt ein innerhalb der Querschnittsebene des Reifens liegendes Dreieck bilden, wobei man im Meßpunkt und in den Fixpunkten je ein Befestigungselement anbringt und am Befestigungselement des Meßpunkts zwei Meßwertaufnehmer beweglich anordnet, von denen

man den einen mit dem Befestigungselement des einen Fixpunkts und den anderen mit dem Befestigungselement des anderen Fixpunkts beweglich verbindet.

Der mit dem Verfahren nach der Erfindung erzielte Vorteil besteht insbesondere darin, daß nicht nur die vertikalen, sondern auch die lateralen Verformungen des Reifens sowohl bei statischer Belastung als auch im Fahrbetrieb erfaßt werden können. Damit steht dem Versuchsingenieur ein wichtiges Hilfsmittel zur Optimierung von Form und Aufbau eines Reifens zur Verfügung.

Weiter wird mit der Erfindung die eingangs genannte Verwendung eines Meßwertaufnehmers, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, vorgeschlagen, die sich dadurch auszeichnet, daß das Meßsignal des Kraftmeßelements als dem Weg eines Meßpunkts, an dem der Meßwertaufnehmer angreift, proportionales Wegsignal verwendet wird.

Zwar sind aus der DE-OS 33 09 524, der DE-PS 958 511 und der DE-AS 10 68 911 Meßwertaufnehmer bekannt, die aus einer Reihenanordnung eines Kraftmeßelements mit einem elastischen Glied gebildet sind. Jedoch werden alle diese Meßwertaufnehmer als Kraftmeßeinrichtungen zum Messen einer Druck- und/oder Zugkraft verwendet. Gemäß der Erfindung hingegen wird das Meßsignal als Wegsignal verwendet, mit dem der vom Meßpunkt durchlaufene Weg gemessen wird, so daß es bei dieser Verwendung des Meßwertaufnehmers in dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich ist, die vertikalen und lateralen Verschiebungen des Meßpunkts in besonders einfacher und damit besonders zuverlässiger Weise zu messen.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung wählt man als Ort für den Meßpunkt eine Stelle in der Mitte der Innenseite der Lauffläche des Reifens und als Ort für die Fixpunkte jeweils eine Stelle auf der Innenseite eines jeden Wulstes.

Andere Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ein Ausführungsbeispiel für eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Die Zeichnung zeigt einen Reifen 1, der auf eine Felge 2 aufgezogen ist, im Querschnitt. Im Innern des Reifens sind als Fixpunkte 3 und 4 zwei einander gegenüberliegende Stellen der Wülste 5 und 6 sowie als Meßpunkt 7 eine Stelle in der Mitte der Innenseite der Lauffläche 8 gewählt. In den Fixpunkten 3 und 4 sind je ein Befestigungselement 9 bzw. 10 und im Meßpunkt 7 ein Befestigungselement 11 angebracht. Zwischen dem Meßpunkt 7 und den Fixpunkten 3 und 4 sind an den zugehörigen Befestigungselementen 11 und 9

bzw. 10 je ein Meßwertaufnehmer 12 bzw. 13 angeordnet. Jeder der beiden Meßwertaufnehmer 12 bzw. 13 besteht aus einem Kraftmeßelement 14 und einem linear elastischen Glied 15, beispielsweise einer Zugfeder 16. Als Kraftmeßelement 14 dient ein mit Dehnungsmeßstreifen 17 und 18 versehener Hohlzylinder 19 geringer Höhe aus einem hochfesten Blech. Die Befestigung der Meßwertaufnehmer 12 und 13 an den Befestigungselementen 11 und 9 bzw. 10 erfolgt beweglich, wobei die Zugfedern 16 eine der Verformung des Reifens angepaßte Vorspannung erhalten.

Die Fixpunkte 3 und 4 beschreiben mit dem Meßpunkt 7 ein Dreieck, dessen Geometrieänderungen meßbar sind. Durch die vertikale und laterale Reifenverformung bewegt sich der Meßpunkt 7, was zu einer Verkürzung bzw. Verlängerung der von den Meßwertaufnehmern 12 und 13 gebildeten Schenkel des Dreiecks führt. Da die elastischen Glieder 15 eine lineare Kraft-Weg-Charakteristik aufweisen, geben die Kraftmeßelemente 14 ein dem Weg des Meßpunktes 7 direkt proportionales Meßsignal ab, das beispielsweise an Schleifringe geführt und dort abgegriffen werden kann. In Kenntnis der Ausgangsgeometrie der gesamten Anordnung sowie der Empfindlichkeit der Kraftmeßelemente 14 kann zu jedem Zeitpunkt einer dynamischen Verformung des Reifens 1, d.h. im Fahrbetrieb, die Lage des Meßpunktes 7 aus den Änderungen der Abstände der Fixpunkte 3 und 4 vom Meßpunkt 7 in einfacher Weise berechnet werden, wobei die laufende Meßwertverarbeitung vorzugsweise mit Hilfe eines Rechners erfolgt.

Für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es nicht erforderlich, daß als Meßpunkt eine Stelle in der Mitte der Innenseite der Lauffläche 8 gewählt wird. Vielmehr kann als Meßpunkt jede Stelle im Bereich der Innenkontur des Reifens genommen werden, sofern nicht (bei extremer Seitenverformung) die Beweglichkeit des Meßwertaufnehmers beeinträchtigt wird. Dadurch, daß man in der Wahl der Lage des Meßpunktes frei ist, können einzelne Stellen des Reifens jeweils gesondert hinsichtlich ihrer Verformungen untersucht werden.

Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten können unter dem Einfluß der auf die Meßwertaufnehmer einwirkenden Fliehkraft die Meßwerte verfälscht werden. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird zur Vermeidung dieses Störeffekts der Einfluß der Fliehkraft auf die Meßwerte in an sich bekannter Weise kompensiert. Dabei kann die Kompensation sowohl mechanisch, beispielsweise durch Verwendung extrem leichter

Meßwertaufnehmer, oder elektrisch, beispielsweise durch Erzeugen eines der Fliehkraft proportionalen Meßwertes und dessen Einspeisen in eine Brückenschaltung, erfolgen.

Für den Fall, daß zusätzlich zur vertikalen und lateralen Reifenverformung auch eine beim Anfahren und Bremsen auftretende Bewegung des Meßpunktes 7 in Laufrichtung des Reifens 1 erfaßt werden soll, kann dies erfindungsgemäß dadurch erfolgen, daß man an dem Befestigungselement 11 des Meßpunktes 7 einen weiteren, nicht dargestellten Meßwertaufnehmer beweglich anordnet und diesen mit dem Befestigungselement eines zusätzlichen Fixpunktes beweglich verbindet, der an der Felge 2 außerhalb einer durch die Fixpunkte 3 und 4 sowie den Meßpunkt 7 gelegt gedachten Ebene gewählt wird. Dieser dritte Meßwertaufnehmer erfaßt die Bewegungen des Meßpunktes 7 in Laufrichtung des Reifens 1.

#### Ansprüche

1. Verfahren zur Messung der globalen Verformung eines Reifens auch während des Fahrtbetriebs, in dem man die in einer Querschnittsebene des Reifens auftretende Abstandsänderung zwischen einem für das Verformungsverhalten repräsentativen Meßpunkt des Reifens relativ zu einem an der Felge befindlichen Fixpunkt erfaßt, wobei sich der Meßpunkt und der Fixpunkt innerhalb des Reifens befinden und wobei die Abstandsänderungen mittels eines Meßwertaufnehmers erfaßt werden, dadurch gekennzeichnet, daß man die in der Querschnittsebene des Reifens (1) auftretenden vertikalen und lateralen Verschiebungen des Meßpunktes (7) relativ zu zwei an der Felge (2) oder in ihrer Nähe befindlichen Fixpunkten (3,4) erfaßt, die sich beide innerhalb des Reifens (1) befinden und mit dem Meßpunkt (7) ein innerhalb der Querschnittsebene des Reifens (1) liegendes Dreieck bilden, wobei man im Meßpunkt (7) und in den Fixpunkten (3,4) je ein Befestigungselement (11,9 bzw. 10) anbringt und am Befestigungselement (11) des Meßpunktes (7) zwei Meßwertaufnehmer (12,13) beweglich anordnet, von denen man den einen (12) mit dem Befestigungselement (9) des einen Fixpunktes (3) und den anderen (13) mit dem Befestigungselement (10) des anderen Fixpunktes (4) beweglich verbindet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man als Ort für den Meßpunkt (7) eine Stelle in der Mitte der Innenseite der Lauffläche (8) des Reifens (1) wählt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man als Ort für die Fixpunkte (3,4) jeweils eine Stelle auf der Innenseite eines jeden Wulstes (5,6) wählt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere bei höheren Fahrgeschwindigkeiten der Einfluß der Fliehkraft auf die Meßwerte in an sich bekannter Weise kompensiert wird.

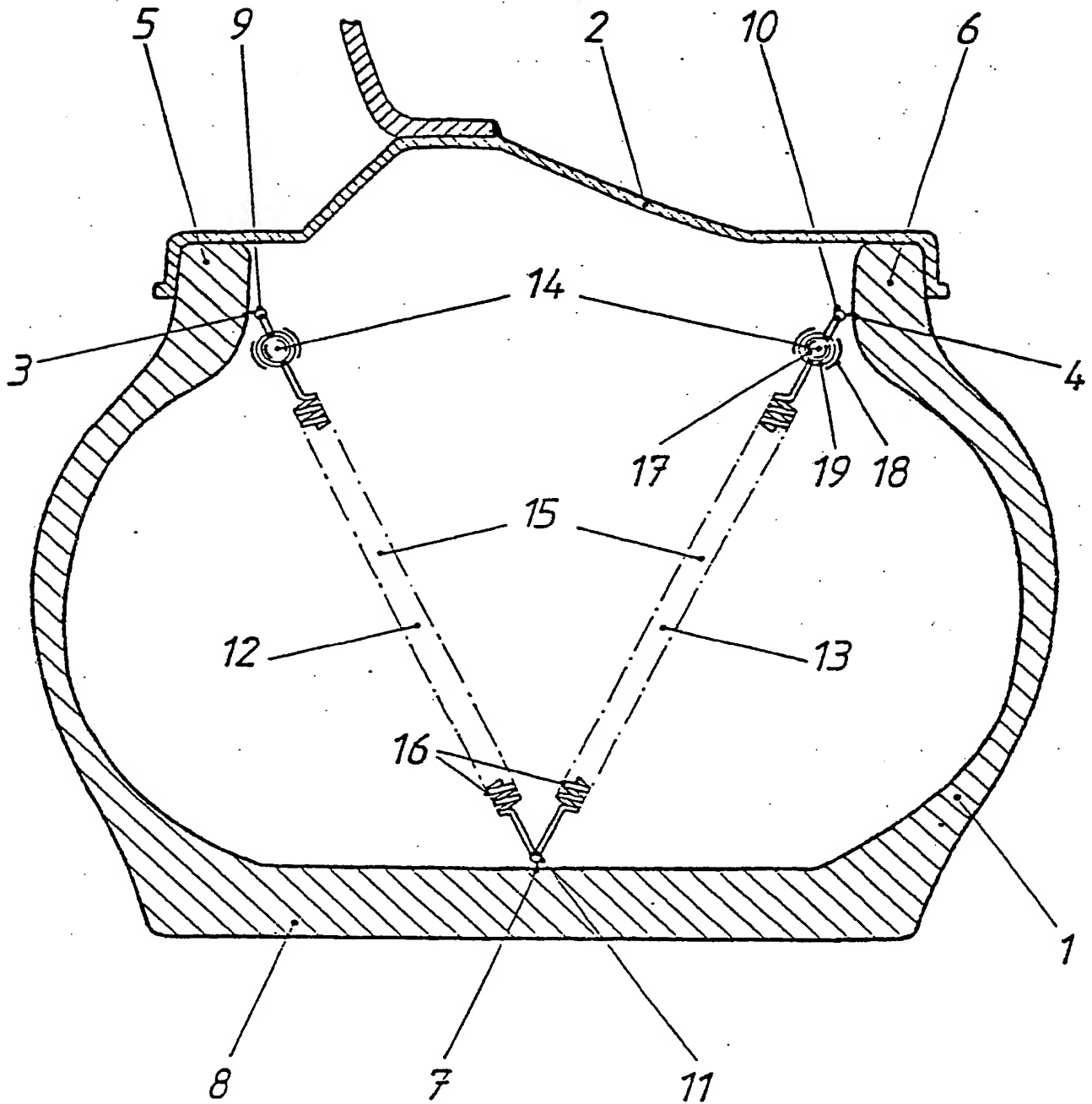
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß man an dem Befestigungselement (11) des Meßpunktes (7) einen zusätzlichen Meßwertaufnehmer beweglich anordnet und diesen mit dem Befestigungselement eines zusätzlichen Fixpunktes beweglich verbindet, der an der Felge (2) außerhalb einer durch die Fixpunkte (3,4) und den Meßpunkt (7) gelegt gedachten Ebene gewählt wird.

6. Verwendung eines Meßwertaufnehmers, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der aus einer Reihenanordnung eines Kraftmeßelements mit einem elastischen Glied gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßsignal des Kraftmeßelements (14) als dem Weg eines Meßpunktes (7), an dem der Meßwertaufnehmer (12,13) angreift, proportionales Wegsignal verwendet wird.

7. Verwendung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als elastisches Glied (15) ein linear elastisches Glied verwendet wird.

8. Verwendung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß als elastisches Glied (15) eine Zugfeder (16) verwendet wird.

9. Verwendung nach Anspruch 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Kraftmeßelement (14) ein mit Dehnungsmeßstreifen versehener Hohlzylinder (19) geringer Höhe aus hochfestem Blech verwendet wird.





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 86 11 7610

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
D, A	S.K.CLARK: "MECHANICS OF PNEUMATIC TIRES", August 1981, Seiten 541, 577-584, H.VAN ELDIK THIEME et al.: "Measurement of tire properties", U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., US; * Seite 577 *	1	G 01 B 5/30 B 60 C 23/06 G 01 M 17/02
A	GB-A-1 479 442 (M.V.HINDERKS) * Seite 2, Zeilen 114-115; Figuren *	1-3	
A	GB-A-2 056 144 (ROCKCOR) * Zusammenfassung; Figuren *	1, 4	
D, A	DE-A-3 137 248 (GOODYEAR) * Figuren *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
D, A	DE-A-3 301 173 (CONTINENTAL) * Figuren *	1	G 01 B B 60 C G 01 M
A	US-A-2 378 237 (WINGFOOT CORP.) * Figuren 10, 11 *	1-3	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 10-06-1987	Prüfer RAMBOER P.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			